

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektroniky a informatiky**  
**Katedra Elektroenergetiky K410**

**Selektivita jistících prvků nn**

*Selectivity of Low Voltage Protection Devices*

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Heczko**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: **Selektivita jističích prvků nn**  
**Selectivity of Low Voltage Protection Devices**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Základní popis problematiky jištění a selektivity
3. Typy selektivity mezi jisticími prvky (pojistka-pojistka, jistič-pojistka, pojistka-jistič, jistič-jistič)
4. Proveďte typové ověření selektivity dvou jisticích prvků pomocí zkratového generátoru
5. Vyhodnocení naměřených údajů
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


- HAVELKA, Otto. Elektrické přístroje, Praha, 1985, SNTL
- CIGÁNEK, Ladislav. Elektrické přístroje, Praha, 1956, SNTL
- KRÍŽ, M. Dimenzování a jištění elektrických zařízení, IN-EL, Praha, 2011
- SICHR, výpočtový program, ver. 12 nebo vyšší, [www.oez.cz](http://www.oez.cz)
- Katalogy a katalogové listy
- Odborné a technické www stránky
- Technické normy

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Kačor, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

**Prohlášení:**

*„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“*

V Ostravě 7. 5. 2013

Podpis:.....

**Poděkování:**

*Děkuji mému vedoucímu práce, panu Ing. Petru Kačorovi, Ph.D. za poskytnutou pomoc  
v průběhu zpracovávání této bakalářské práce.*

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá základním principem jištění nízkého napětí a hlavně selektivitou jistících prvků, jelikož v dnešní době je právě na selektivitu nejvíc hleděno. V teoretické části jsem se zaměřil na popis problematiky jištění a selektivity, ale také na princip funkce a nejčastěji používaných jistících prvků, a to pojistky a jističe. V praktické části jsem v laboratoři a za pomoci programu SICHR od firmy OEZ otestoval funkci a zmíněnou koordinaci jistících prvků. V závěru je pak uvedeno vyhodnocení tohoto měření.

## **Klíčová slova**

Selektivita, Mez selektivity, Elektrický proud, Elektrické napětí, Elektrický jistič, Tavná pojistka, Přetížení, Zkrat

## **Abstract**

This thesis deals with the basic principle of the protection of low voltage and especially selectivity of protective elements, since today is just the most selectivity viewing. In the theoretical part is focused on a description of protection and selectivity, but also the operating principle and the most commonly used protective devices and fuses and circuit breakers. In the practical part I in the laboratory and using SICHR from OEZ tested this coordination function and safety elements. The conclusion is then given evaluation of the measurement.

## **Key words**

Selectivity, Yield selectivity, Electric current, Electric voltage, Breaker, Fuse, Overload, Short-circuit,

## Obsah

Obsah .....	6
<b>1. Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Základní popis problematiky jištění.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Selektivita jištění .....</b>	<b>9</b>
3.1. Úrovně selektivity .....	10
3.2. Druhy selektivity .....	13
3.2.1. Proudová selektivita .....	13
3.2.2. Časová selektivita .....	15
3.2.3. Energetická selektivita .....	16
<b>4. Základní typy jisticích prvků.....</b>	<b>18</b>
4.1. Tavné pojistky .....	18
4.1.1. Základní parametry pojistky .....	19
4.1.2. Tavná charakteristika a tavný vodič.....	20
4.1.3. Omezovací charakteristika .....	21
4.1.4. Charakteristika $I^2t$ .....	23
4.1.5. Rozdělení pojistek.....	24
4.1.6. Klady a zápory pojistek.....	28
4.1.7. Normy ČSN týkající se pojistkových vložek a pojistkových přístrojů .....	28
4.2. Elektrický jistič .....	29
4.2.1. Konstrukce jističe.....	29
4.2.2. Klady a zápory jističů.....	31
4.2.3. Normy ČSN týkající se jističů.....	31
<b>5. Měření v laboratoři .....</b>	<b>32</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>40</b>
<b>8. Seznam příloh .....</b>	<b>42</b>

## 1. Úvod

Na většinu elektrických zařízení, ať už v domácnosti nebo v průmyslovém podniku, je kladen velmi vysoký nárok na bezpečnost osob, zařízení a spolehlivosti dodávky elektrické energie. Za tímto účelem se využívá jištění elektrického zařízení pomocí jisticích a ochranných prvků.

Tyto prvky chrání elektrické části před účinky poruchových napětí a proudů. Přitom se očekává, že jistící přístroje budou co nejjednodušší, a tedy levné a přesto spolehlivé. Dalším a velice důležitým požadavkem na ochranné a jistící přístroje je, aby byly selektivní, toho se dosáhne vzájemnou koordinací jisticích prvků.

Mezi základní typy jisticích přístrojů patří tavná pojistka, elektrický jistič, proudový chránič, přepěťová ochrana a další. Dále se budu zabývat pouze tavnou pojistkou, elektrickým jističem. Součástí této práce bude testování vzájemné selektivity tavných pojistek a jističů v laboratoři a pomocí výpočtového programu SICHR.

## 2. Základní popis problematiky jištění

Každé elektrické zařízení, pokud nemá vlastní zdroj, potřebuje, aby byla do něj přiváděna elektrická energie. Spotřeba této energie za jednotku času se nazývá příkon. Pokud zařízení správně pracuje, tak se jeho příkon pohybuje v předem daných mezích. Z různých příčin, ale může dojít na daném zařízení k poruše. „Nejjednodušší způsob, jakým se porucha v elektrickém zařízení projeví, je obvykle dramatický, velmi silný, jindy ale postupný, nicméně posléze již nebezpečný nárůst příkonu, tj. nárůst přiváděné energie. K nárůstu příkonu dochází také v důsledku nadměrných nároků na zařízení k jeho přetěžování. Toto přetěžování dále způsobuje nadměrné tepelné namáhání zařízení, především jeho izolace, což může vést k jejímu poškození, průrazu a konečně ke zkratu.“[1] Přesné rozhraní mezi těmito dvěma poruchami neexistuje. Nárůst příkonu zapříčiní zvýšení proudu odebíraného zařízením. Tento proud pak způsobí pokles napětí a jeho fázový posun. Proto je velice důležité zařízení proti nadproudům chránit. Tato ochrana funguje tak, že jistící prvek odpojí zařízení dřív, než by poruchový nadproud způsobil nežádoucí oteplení nebo mechanické namáhání. Nejčastěji nám pro tento účel slouží elektrický jistič a tavná pojistka.

Vybrat správné jistící zařízení není vůbec snadné a to hned z několika důvodů:

- **Zapínací proud**

Je to proud, který prochází elektrickým zařízením v okamžiku jejich zapnutí. Hodnota tohoto proudu je několikanásobně vyšší než jmenovitý proud. Důvodem je princip funkce daného elektrického zařízení a jeho fyzikální podstatou. Tento nadproud trvá jen velice krátký okamžik a po odeznění se hodnota proudu ustálí na hodnotě odpovídající normálnímu stavu. Mezi zařízení u kterých se zapínací proud vyskytuje, patří elektromotory, transformátory atd. Např. u asynchronního motoru může tento proud dosáhnout až 10-ti násobku svého jmenovitého proudu. Obvykle ale nepřesahuje 7-mi násobek.

- **Dovolené přetěžování**

Ne každé elektrické zařízení je zatěžováno konstantním výkonem tedy i konstantním proudem, ale jsou zatěžovány proměnlivě. Běžně se proměnlivé zatížení vyskytuje u distribučních transformátorů. „Je zřejmé, že by nebylo ekonomické dimenzovat takový transformátor svým jmenovitým výkonem na krátkodobé špičkové zatížení. Vzhledem k danému charakteru zatěžování by byl předimenzován, jeho oteplení by ani v době špičkového maximálního zatížení nedosahovalo dovolené hodnoty.“[2] Proto se připouští po určitou dobu určitý nadproud tedy přetížení. Možnosti přetěžování elektrického zařízení jsou dány jeho vlastnostmi, předně jeho časovou oteplovací konstantou.

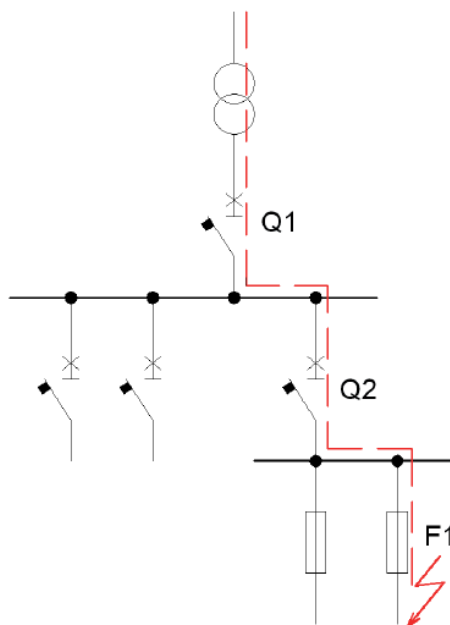
- **Selektivita**

Elektrický obvod je většinou tvořen paprskovitě a většinou se skládá z několika zařízení a jištění. Proto je logickým požadavkem, aby při poruše jednoho zařízení nebyla odpojována dodávka elektřiny pro celou soustavu. Tomuto se zabrání selektivitou jistících prvků viz následující kapitola.



### 3. Selektivita jištění

Zajišťuje nám, aby v případě poruchy byl vliv na ostatní jištěné větve minimální. Tedy aby se porucha projevila v co nejmenší části elektrického rozvodu. Toho dosáhneme odpojením postiženého místa pomocí jisticího přístroje, který je nejbližší poruchy viz Obr. 1. kdy vypne pouze pojistka F1 a ostatní předřazené jisticí přístroje Q2 a Q1 budou nadále sepnuty.



Obr. 1. Zapojení části elektrického obvodu

„Požadavek na selektivitu jištění vyplývá z jednoho základního a také velice praktického požadavku elektrotechnických předpisů (ČSN 33 2000-1 ed. 2 čl. 314): každé zařízení a instalace musí mít obvody členěné do více částí, a to především (kromě toho, že to usnadní manipulaci a údržbu) s cílem zabránit nebezpečí a na nejmenší možnou míru omezit potíže v případě poruchy. Je to tedy tak že porucha v jednom obvodu nemá vyřadit jiný nebo jiné obvody. Víme, že podle ČSN 33 200-4-473 se jisticí prvky pro ochranu před přetížením a zkratovými proudy umísťují tam, kde změna průřezu, materiálu nebo způsobu uložení znamená snížení hodnot dovoleného proudu vodiče.“[3]

V zásadě hlavní obvody, které mají vodiče většího průřezu jsou jištěny jisticími prvky s vyšší hodnotou jmenovitého proudu, než obvody přiřazené s menším průřezem a tedy i jištěním na nižší hodnotu jmenovitého proudu. Přitom musí být splněn požadavek, aby porucha podruženého obvodu nezpůsobila vyřazení ostatních podružných obvodů ani obvodu hlavního. Tento požadavek je splněn, pokud jištění koncového a podruženého obvodu odpojí poruchu v těchto obvodech dříve, než předřazené jištění hlavního obvodu.

**Důležité pojmy:**

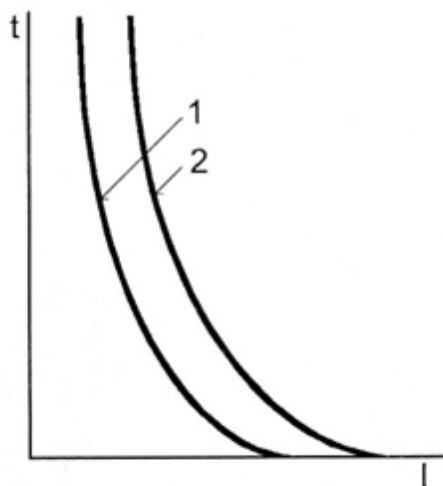
- Přiřazený jistící přístroj – je to jistící přístroj umístěný blíže zátěži
- Předřazený jistící přístroj – je to jistící přístroj umístěný blíže zdroji
- Mez selektivity – hodnota proudu, do které je dané řazení jistících přístrojů selektivní

### 3.1. Úrovně selektivity

**Plná selektivita**

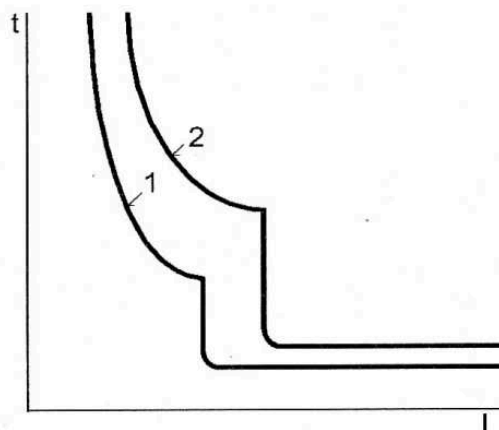
Je to taková selektivita kdy působení jistících prvků je zajištěno v celém rozsahu nadproudů od přetížení až po zkraty, jenž mohou vzniknout v daném elektrickém obvodu. Takže v případě poruchy vždy vybaví dříve přiřazený jistící prvek nejbližší poruchy než jistícím prvek předřazený.

Aby byla selektivita plně zajištěna mezi pojistkami musí být charakteristiky jistících prvků přiřazeny tak jak je vidět z obr. 2. Charakteristika 1 patří přiřazené tavné pojistce koncového obvodu a charakteristika 2 patří předřazené pojistce hlavního obvodu, z kterého je koncový bod napájen. Z obrázku je patrné že pro jakýmkoliv proudem reaguje jako první pojistka přiřazená tedy char. 1. Pokud chceme dosáhnout plné selektivity mezi dvěma pojistkami musí být jejich charakteristiky podobné a nadřazené pojistka musí být minimálně o dva stupně vyšší. Používá se dva stupně, protože charakteristika pásma má pro danou hodnotu jmenovitého proudu určitou šířku a při dvou pásmech hned za sebou by se charakteristiky mohly překrývat.



Obr. 2. Přiřazení jistících prvků při dodržení selektivity jističů

Pokud jde o elektrické jističe, tak dosažení plné selektivity je u nich o něco složitější, protože jejich zkratové spouště reagují přibližně ve stejnou dobu tj. podle normy do 0,1 s. Proto pokud chceme u jističů plnou selektivitu, musíme odstupňovat i jejich zkratové spouště. Podle mezinárodní normy jsou neselektivní jističe označovány jako jističe kategorie A, selektivní jističe jako kategorie B. Ukázka těchto charakteristik je znázorněna na obr. 3.

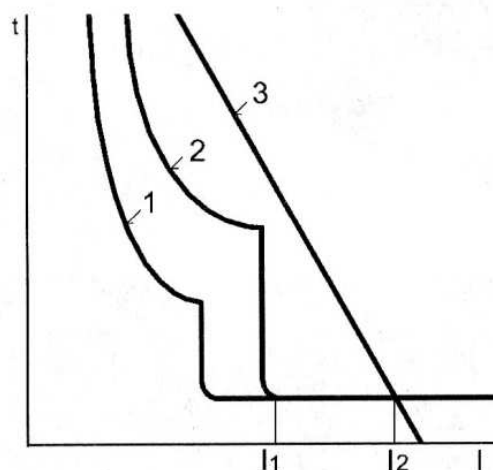


Obr. 3. Charakteristika jističů selektivní i při zkratovém proudu (zpoždění zkratové spouště)

### Částečná selektivita

Při této selektivitě není zajištěno, že jistící prvky budou zajišťovat selektivní ochranu v celém rozsahu nadproudů, ale jen do jeho určité hodnoty. Nadproud, do kterého je selektivita zajištěna, nazýváme mezní selektivní proud nebo taky mez selektivity.

Tato obtížnější situace nastává u jističů, pokud nemají odstupňovanou zkratovou spoušť. V tomto případě jestliže nadproud dosáhne velikosti potřebné k vybavení zkratové spouště, jak u jističe přiřazeného, tak i u jističe předřazeného není jisté, který z nich vybaví a může se stát, že vybaví oba dva najednou. Pokud je jim předřazená tavná pojistka, tak mohou vybavit všechny tři jistící prvky, to vyplývá z charakteristiky na obr. 4.



Obr. 4. Příklad přiřazených jistících prvků

U domovních jističů se využívá tzv. třídy omezení energie, jinak taky třída selektivity. Jističe označené touto třídou, 3 – pro větší omezení, 2 – pro menší omezení, předřazené jističům větší jmenovité hodnoty třídy selektivity 1 (obvykle u jističů není ani uvedena), většinou selektivitu zajistí. Podobně to platí i pro pojistky, pokud je hodnota  $I^2t$  omezena jističem nižší než předoblouková hodnota  $I^2t$  předřazené pojistky, je selektivita zajištěna.

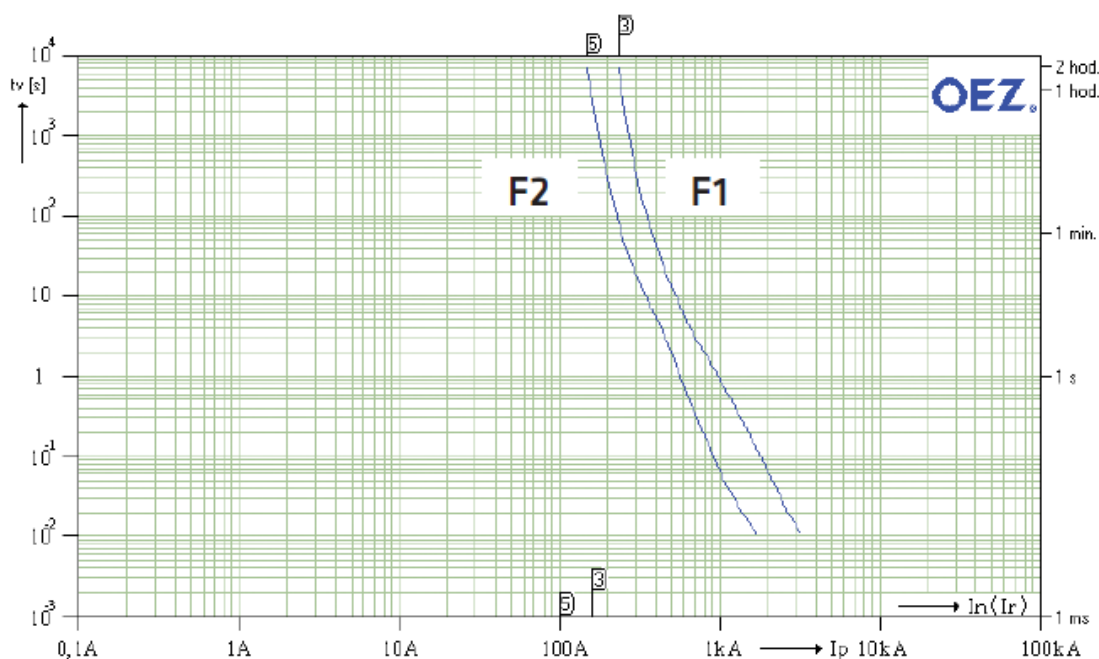
### **Selektivita není zajištěna**

Hovoříme, o ní pokud nejsou splněny podmínky selektivity, např. jistící prvky řazené za sebou mají stejné jmenovité proudy nebo jejich odstup je nedostatečný vzhledem k tolerančnímu pásmu. Při poruše pak tyto jistící prvky vypínají společně.

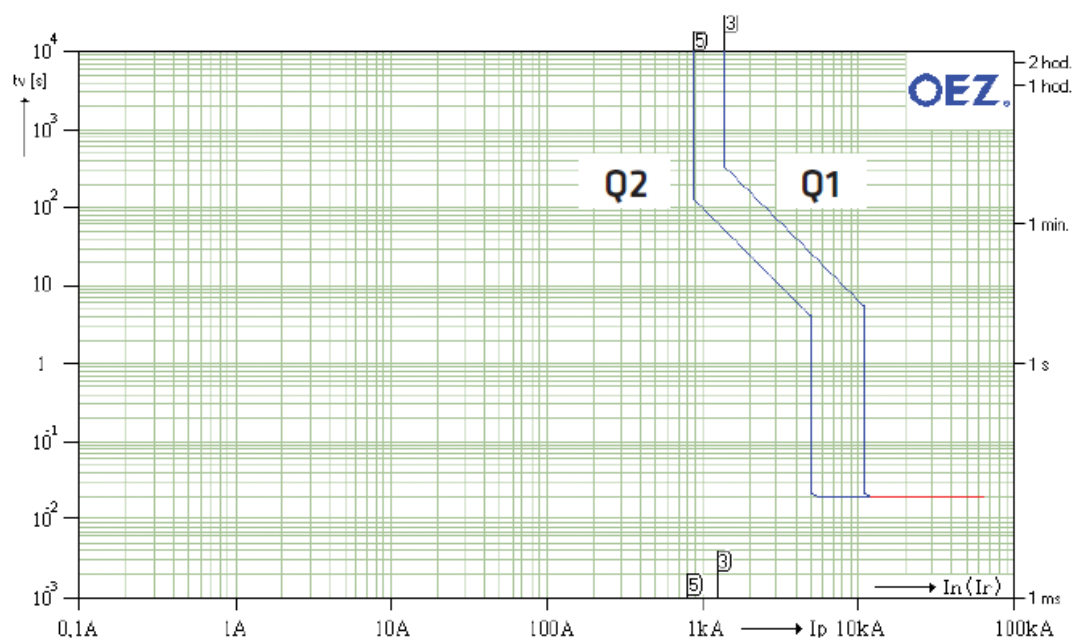
## 3.2. Druhy selektivity

### 3.2.1. Proudová selektivita

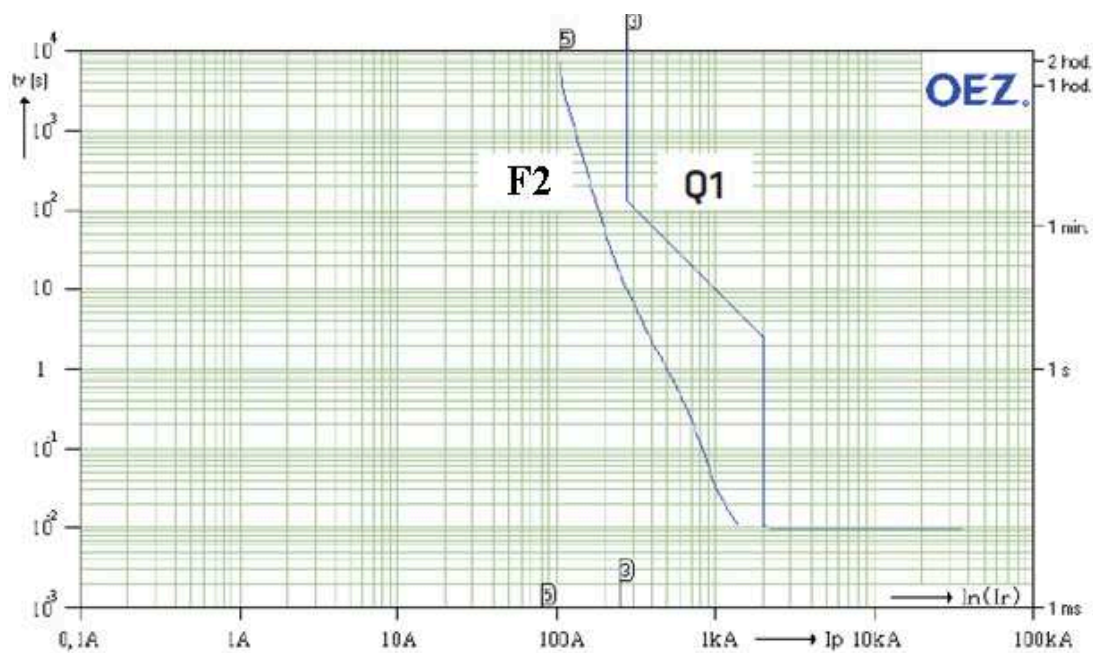
Tato selektivita se uplatňuje v oblasti nadproudů, v které mají vypínací charakteristiky jističích přístrojů inverzní průběh, tj. větším proudům odpovídají kratší vypínací časy. U pojistek se tyto vypínací časy pohybují přibližně kolem 20 ms a u jističů s časově nezávislou spouští je vybavení okamžité. Při proudové selektivitě musí být všechny vypínací časy přiřazeného jističího prvku kratší než vypínací časy jističího prvku předřazeného a to v celém rozsahu. Z toho vyplývá, že se vypínací charakteristiky nesmějí křížit a vypínací charakteristika přiřazeného jističího prvku musí ležet pod vypínací charakteristikou jističího prvku předřazeného, včetně tolerančního pásma. Proudové selektivitu lze u pojistek dosáhnout dostatečným odstupem jmenovitých proudů viz Obr. 5. Pokud se jedná o jističe, tak musí být splněno kromě dostatečného odstupů jmenovitých proudů také odstup vybavovacích proudů časově nezávislých okamžitých spouští viz Obr. 6. Na dalších ukázkách Obr. 7. a 8. je vidět odstup vypínacích charakteristik při kombinaci tavné pojistky a elektrického jističe tak, aby byla dodržena proudová selektivita.



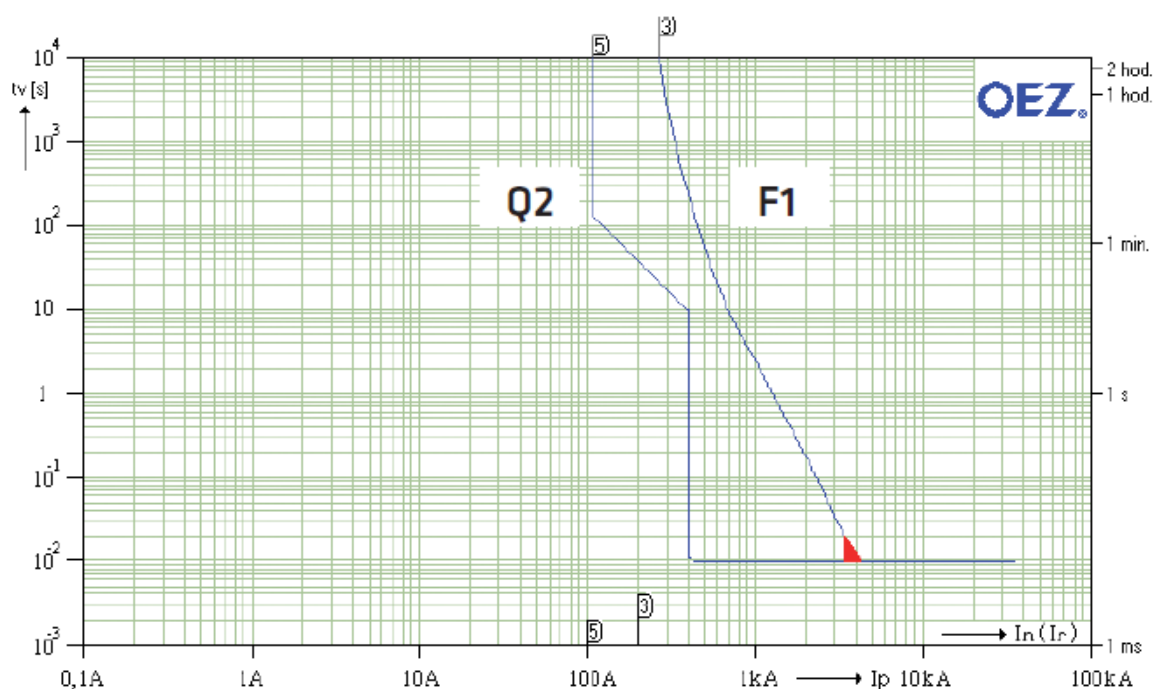
Obr. 5. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazené pojistky F1 a přiřazené pojistky F2



Obr. 6. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazeného jističe Q1 a přiřazeného jističe Q2



Obr. 7. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazeného jističe Q1 a přiřazené pojistky F2

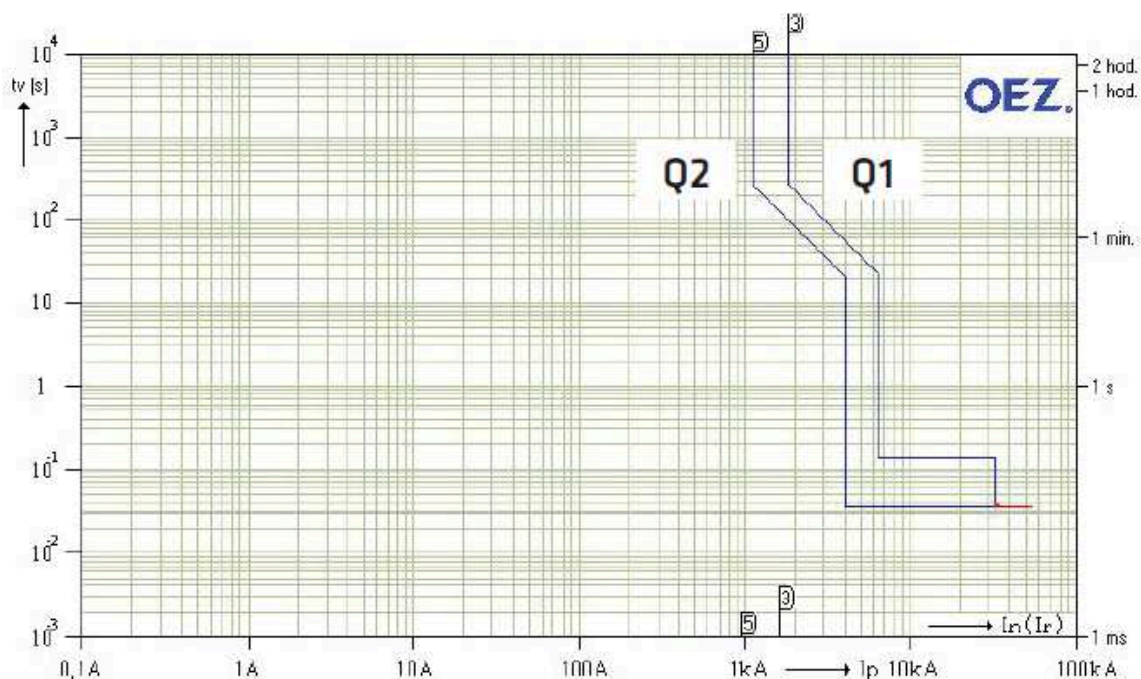


Obr. 8. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazené pojistky F1a přiřazeného jističe Q2

V posledním případě je proudová selektivita zajištěna pouze do proudu přibližně odpovídajícímu průsečíku jejich vypínacích charakteristik.

### 3.2.2. Časová selektivita

Tato selektivita se využívá u jističů v oblasti nadproudu, v které působí jejich časově nezávislé zpožděné nadproudové spouště. Tyto jističe mají dvě časově nezávislé spouště, jedna je okamžitá a druhá zpožděná. Časová selektivita funguje na principu rozdílných časů, po které musí procházet zkratový proud časově nezávislými zpožděnými spouštěmi jističů řazených za sebou, aby vybavily. Toho dosáhneme dostatečným odstupňováním časového zpoždění těchto spouští. Musíme ale taky odstupňovat i jmenovité hodnoty proudů obou jističů. Je zřejmé, že u předřazeného jističe musí být okamžitá časově zpožděná spoušť nastavena na vyšší hodnotu vybavovacího proudu a musí mít taky nastaveno větší časové zpoždění, než jistič přiřazený viz Obr. 9.



Obr. 9. Časová selektivita – Vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazeného jističe Q1 (nastaveno časové zpoždění) a přiřazeného jističe Q2 (bez časového zpoždění)

### 3.2.3. Energetická selektivita

Uplatňuje se v oblasti velkých zkratových proudů, ale jen pokud to vlastnosti jisticích prvků umožní. Princip její funkce spočívá v tom, že energie potřebná k vybavení (vypnutí) jisticího přístroje předřazeného je větší než celková energie propuštěná jisticím přístrojem přiřazeným.

V případě jisticů se kromě energie taky uplatňují i jiné faktory např. strmota nárůstu zkratového proudu. Přiřazený jistič musí být vždy omezující, ale předřazený jistič omezující být nemusí. Maximální hodnotu zkratového proudu pro dvojici selektivních jisticů lze zjistit pouze zkouškami.

U pojistek aby byla dodržena energetická selektivita musí platit, že velikost Jouleova integrálu  $I^2t$  předřazené pojistky musí být větší, než celkový Jouleuv integrál propuštěný přiřazenou pojistkou.



„Z předmětové normy pojistek ČSN 35 4701-2 s charakteristikou gG vyplývá, že pokud je poměr jmenovitých proudů předřazené a přiřazené pojistkové vložky 1,6, jsou selektivní do hodnoty předpokládaného zkratového proudu, při kterém předřazená pojistková vložka začíná omezovat. Konkrétně pro pojistkové vložky jmenovitých proudů  $I_n = 160\text{ A}$  a  $I_n = 100\text{ A}$  je selektivita zaručena do hodnoty předpokládaného zkratového proudu  $I_p = 4\text{ kA}$ . Pro pojistkové vložky  $I_n = 40\text{ A}$  a  $I_n = 25\text{ A}$  je selektivita zaručena dokonce jen do  $1\text{ kA}$ .

Pokud má být selektivita zajištěna do větší hodnoty předpokládaného zkratového proudu, musí být v mnoha případech poměr jmenovitých proudů větší než 1,6 – u pojistkových vložek středních a malých jmenovitých proudů obvykle 2 až 2,5. Je to dáno tím, že pro vyšší hodnoty předpokládaných proudů se už uplatňuje energetická selektivita.

Tavný Jouleův integrál předřazené pojistkové vložky se s velikostí předpokládaného (zkratového) proudu nemění, zvyšuje se ale s rostoucím předpokládaným proudem celkový Jouleův integrál propuštěný přiřazenou pojistkovou vložkou. Neplatí tak obecně používané pravidlo, že pojistky jsou selektivní (a to až do hodnoty předpokládaného zkratového proudu rovnající se jejich jmenovité zkratové vypínací schopnosti), pokud je poměr jejich jmenovitých proudů 1,6.“ [4]

## **4. Základní typy jisticích prvků**

### **4.1. Tavné pojistky**

Vyvinula pro ochranu elektrických distribučních vedení a domovních rozvodů. Princip její činnosti je velmi jednoduchý. „Pojistka obsahuje tavný vodič, jehož průřez je úmyslně zmenšen. Představuje proto nejslabší místo obvodu, v němž se tepelným účinkem tavný vodič přetaví. To má za následek vznik elektrického oblouku, po jehož zániku dojde k přerušení proudu.“[5] Elektrický obvod je odpojen dříve, než zvyšování teploty ostatních částí nebo mechanické síly vyvolané zvýšeným průchodem proudu ohrozí nebo poškodí další části obvodu. Jako zhášecí materiál se používá křemičitý písek, který taky brání materiálu tavného drátu, aby se při zkratu nenapařil na vnitřní stěnu pojistky. Tím by se mohla vytvořit vodivá cesta, kterou by stále protékal zkratový proud a mohlo by dojít k poškození nebo zničení zařízení.

Nadproudy vyvolané zkratem jsou velmi vysoké a způsobí velmi rychle přetavení tavného vodiče, zatím co nadproudy způsobené přetížením vedou k dlouhým dobám tavení. Navíc v oblasti malých proudů i malé změny způsobují velké změny doby tavení. Proto se pojistky rozdělují na pojistky pro jištění sítí proti zkratovým proudům a pomalé pojistky určené k jištění motorů, které mají v oblasti větších nadproudů přiměřenou dobu tavení. Při velkém zkratovém proudu se vodič v pojistce ohřeje za tisíce vteřiny a k jeho přerušení dojde ještě před tím, než proud dosáhne svého maxima. V tom spočívá omezovací schopnost pojistek, která je jednou z jejich nejcennějších vlastností.

### 4.1.1. Základní parametry pojistky

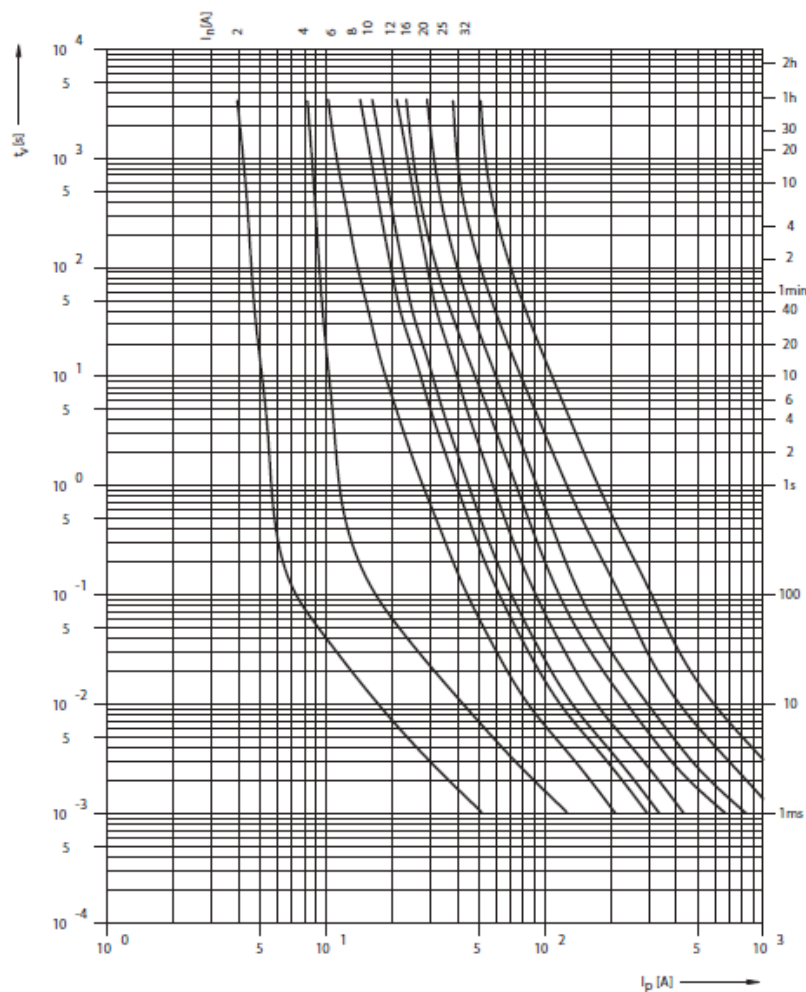
- Jmenovité napětí –  $U_N$  je napětí, pro které je daná pojistka navržena a vyrobena, je uvedenou pojistkové patroně
- Jmenovitý proud –  $I_N$  je proud, který musí pojistka trvale snést, přičemž teplota nesmí překročit přípustné meze.
- Krajní proud –  $I_{KR}$  je proud, při jehož trvalém průtoku pojistkou se tavná vložka právě ještě nepřetaví
- Vypínací schopnost – není definována proudem, který pojistka vypne, ale proudem který by v obvodu vznikl, kdyby byla pojistka nahrazena vodičem o zanedbatelné impedanci
- Zkratový proud – je proud, který by protékal obvodem, kdyby nezapůsobila pojistka.
- Předvídaný proud – je udáván efektivní hodnotou ustálené zkratového proudu a značí se  $I_{pK}$
- Tavný proud – je proud, který zapříčiní přetavení pojistky, ještě dříve než dosáhne poruchový proud svého maxima, značí se  $I_{Tav}$
- Tavná doba – doba do zapálení oblouku
- Doba působení – je součet doby tavné (předobloukové) a doby hoření oblouku
- Zkratový proud –  $I_K$  je dán rovnicí

$$I_K = I_{max} \left( \sin(\omega t - \varphi + \psi) + \sin(\varphi - \psi) e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad [1]$$

kde  $\varphi$  je fázový posun mezi proudem a napětím a  $\psi$  je posunutí vzniku zkratu za předchozí nulou napětí

### 4.1.2. Tavná charakteristika a tavný vodič

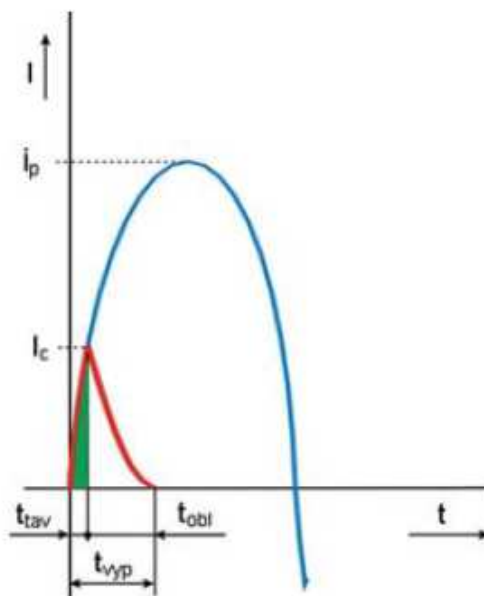
Je to závislost tavné doby na velikosti proudu viz Obr. 10. Tvar charakteristiky také ovlivňuje tvar tavného vodiče, který se dnes vyrábí nejčastěji ze stříbra a mědi. Tavný vodič se skládá z několika důležitých částí. Jednak jsou to zúžená místa, ve které zajišťují dostatečně nízkou hodnotu Jouleova integrálu  $I^2t$  propouštěného pojistkovou vložkou a omezují tak tepelné namáhání jištěného zařízení. Dále taky omezují vrcholovou hodnotu zkratového proudu a snižují tak jeho dynamické účinky. Počet zúžených míst tavného vodiče je zhruba přímo úměrný velikosti jmenovitého napětí pojistkové vložky. Další částí tavného vodiče je místo kde je nanесena pájka s nízkou teplotou tavení. Při průchodu malých nadproudů tavným vodičem dochází k jeho oteplování a tavení této pájky. V tomto místě vzniká slitina materiálu pájky a tavného vodiče, tato slitina má nižší teplotu tavení a větší měrný elektrický odpor než materiál tavného vodiče. V důsledku vyššího měrného odporu dochází k intenzivnějšímu ohřevu této části. Pokud určitý nadproud prochází tavným vodičem pojistkové vložky dostatečně dlouhou dobu, dojde k roztavení tavného vodiče a tím i rozpojení elektrického obvodu.



Obr. 10. Tavná ampérsekundová charakteristika pojistky Pv 10 gG

### 4.1.3. Omezovací charakteristika

Pokud je předpokládaný proud natolik velký, že tavná doba působení pojistkové vložky je kratší než doba, za kterou by tento proud dosáhl své vrcholové hodnoty, dojde k jeho omezení.



Obr. 11. Omezení proudu pojistkovou vložkou

$i_p$  – vrcholová hodnota předpokládaného proudu

$I_c$  – vrcholová hodnota omezeného proudu

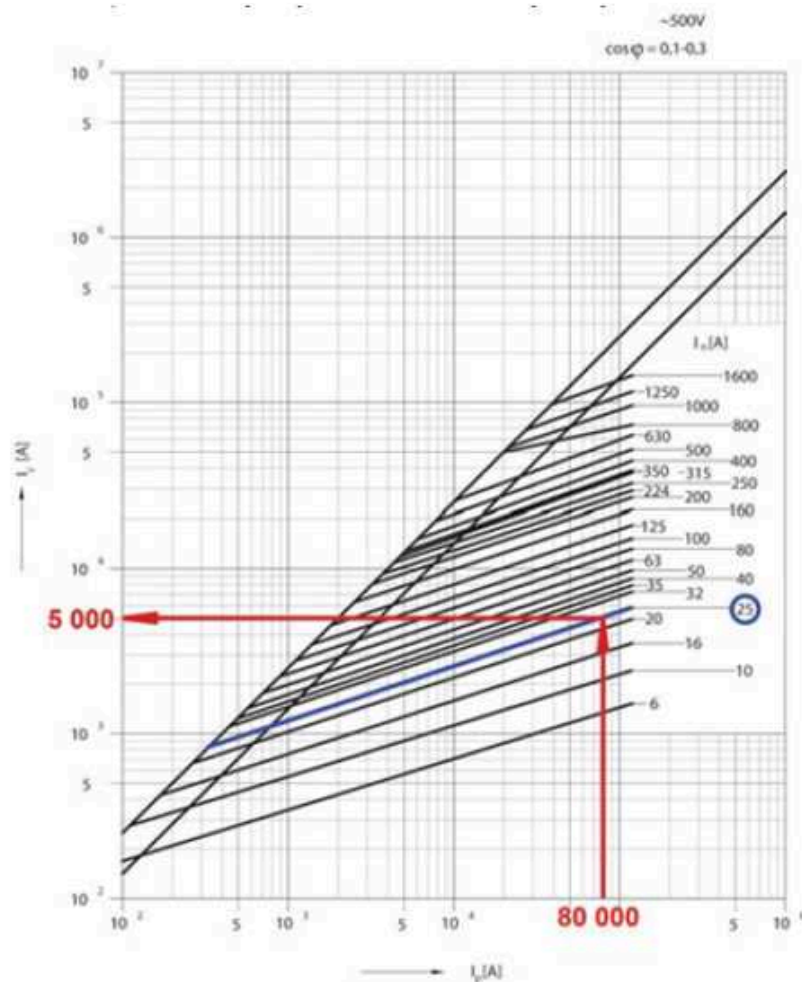
$t_{tav}$  – tavná doba

$t_{obi}$  – doba hoření oblouku

$t_{vyp}$  – celková vypínací doba

Omezovací charakteristika vyjadřuje velikost omezeného proudu  $I_c$  v závislosti na efektivní hodnotě předpokládaného proudu  $I_p$ . Hodnota omezeného proudu odpovídá vrcholové hodnotě proudu, který projde pojistkovou vložkou při nejizlivějších podmínkách při vzniku zkratu. Na velikost omezeného proudu se s napětím prakticky nemění. Omezení zkratového proudu je velice důležité, protože se tím omezí elektrodynamické účinky i Jouleuv integrál. Například pojistkové vložky gG a aM začínají omezovat proud od  $10 \div 50$  násobku svého jmenovitého proudu.

Příklad omezení proudu pojistkovou vložkou viz Obr. 12. Pojistková vložka PN gG s jmenovitým proudem 25 A, bez ohledu na typovou velikost, je schopna omezit efektivní hodnotu předpokládaného zkratového proudu  $I_p = 80\,000$  A na vrcholovou hodnotu omezeného proudu  $I_c = 5\,000$  A.



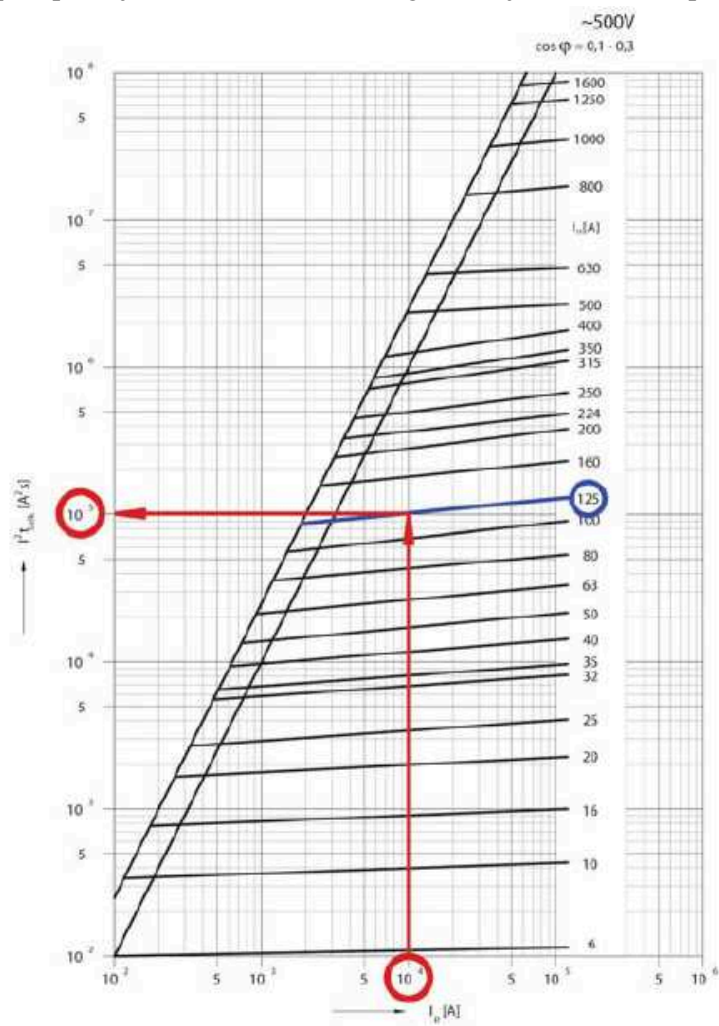
Obr. 12. Omezovací charakteristiky pojistkových vložek PN000 ÷ 4a gG

#### 4.1.4. Charakteristika $I^2t$

Je to křivka udávající závislost Jouleova integrálu na efektivní hodnotě předpokládaného proudu. Jouleův integrál je dán vztahem:

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt \quad [2]$$

Interval  $t_0$  až  $t_1$  je dán součtem tavné doby a doby hoření oblouku. Tato doba je delší pro je větší napětí a naopak, proto je velikost Jouleova integrálu  $I^2t$  je závislá na napětí.



Obr. 13. Charakteristika  $I^2t$  pojistkových vložek PN000 ÷ 4a gG

Příklad  $I^2t$  pojistkové vložky PN gG se jmenovitým proudem 125A a jmenovitým napětím 500V bez ohledu na typovou velikost propustí při předpokládaném proudu 10 000 A a při napětí 500 V je  $I^2t$  100 000 A<sup>2</sup>s.

Rozlišujeme tyto případy uplatnění hodnoty  $I^2t$  u chráněného zařízení:

- pro chráněné zařízení je maximální hodnota  $I^2t$  kterou snese přímo udána
- pro chráněné zařízení je udána pouze maximální hodnota dynamického proudu, kterou zařízení snese
- pro přístroj – nejčastěji jistič, kterému je předřazena pojistka, je udána hodnota  $I^2t$ , kterou propustí při jeho mezní vypínací schopnosti

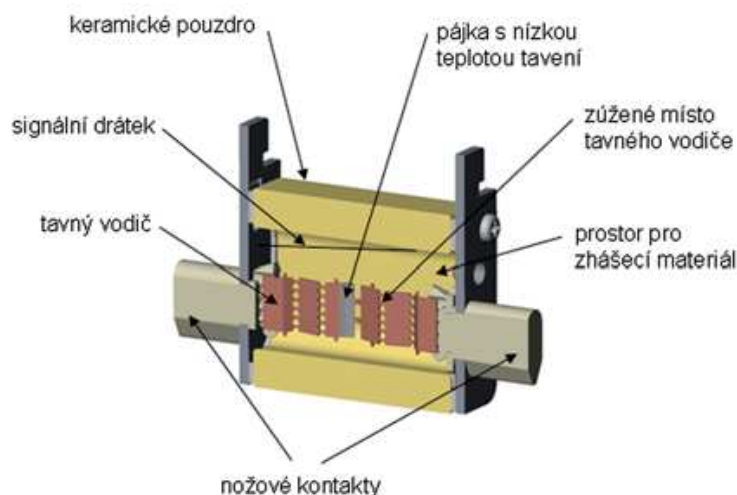
#### 4.1.5. Rozdělení pojistek

Pojistky můžeme rozdělit podle několika kritérií: Podle napětí se pojistky dělí na nízkonapěťové a vysoko napěťové. Dále se budeme zabývat jen nízkonapěťovými pojistkami. Další rozdělení pojistek je podle použití na přístrojové, motorové, pro jištění vedení a pro jištění polovodičů. A nakonec podle typu se dělí na pojistky přístrojové, závitové, nožové, válcové.

##### Nožové pojistky

Nožová pojistka pro nízké napětí je určena pro vyšší vypínací proudy a výkony. Je složena z pojistkového spodku vyrobeného z porcelánu nebo ze sklem vyztuženého polyesteru, který má na sobě dvě kleštiny, do kterých se zasouvá samotná pojistka. Tělo nožové pojistky tvoří porcelánový kvádr, který má na čelech přišroubovány dvě kovové destičky s kontakty, které svým tvarem připomínají čepel nože (odtud nožové pojistky). Tato čela jsou propojena tavným drátkem nebo plíškem a tělo pojistky je vyplněno křemičitým pískem. Tyto pojistky se také vyrábějí v určené typové řadě a podle jmenovitého proudu se liší také velikostí (typ PN a PHN). Nožové pojistky se většinou používají k jištění zařízení větších výkonů. Jejich proudová hodnota je vytištěna na horní straně těla pojistky.



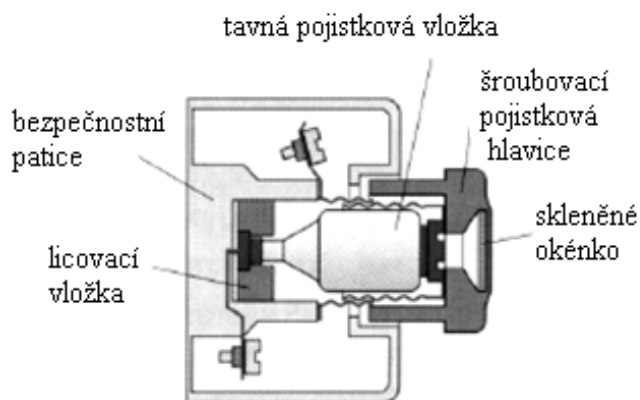


Obr. 14. Konstrukce nožové pojistky

Nožové pojistky nemají signalizační terčík, ale praporek, umístěný na horním čele pojistky, který se při přetavení napřímí. V případě potřeby dálkové signalizace je možno osadit nožové pojistky návěšným kontaktem. K výměně přetavených nožových pojistek používáme speciální pojistkové držadlo (žehličku), která se nasune na výstupky na kovových čelech pojistky a kterým se pojistka vytrhne z pojistkového spodku. Na ochranu před nechtěným dotykem s částí s jiným potenciálem (sousední fáze, kostra) a následným zkratem se pojistkové spodky nebo držadla pojistek osazují plastovými štítky, které kryjí boky pojistek.

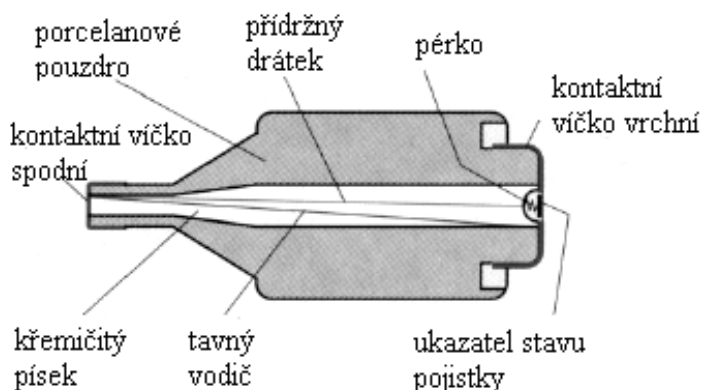
### Závitové pojistky

Závitové pojistky se používají pro chránění domovních a menších průmyslových objektů. Skládá se z pojistkového spodku s krytem nebo bez krytu, z pojistkové hlavice, pojistkové vložky (patrony) a vymežovacího kroužku, který zabraňuje použití pojistkové vložky vyšší hodnoty, než na jakou je zařízení dimenzováno. Konstrukce závitové pojistky je na Obr. 15.



Obr. 15. Konstrukce šroubovací pojistky

Samotná pojistková patrona je dutý porcelánový váleček se dvěma kovovými čepičkami (kontakty), které jsou propojeny tavným vodičem, dále je pojistka vybavena kontrolním terčíkem s pružinkou, který při přetavení pojistky odskočí a tím signalizuje poruchu. Tavný drátek je dimenzovaný na určité (jmenovité) proudové zatížení. Zkratový proud je ovšem mnohonásobně vyšší než jmenovitý a tento drátek přetaví. Dutina pojistkové vložky je vyplněna zhášedlem (křemičitým pískem). Pojistkové vložky se vyrábějí v celé typové řadě proudových hodnot, která je vyznačena na horním kontaktu pojistky a má přiřazenu také svoji barvu, kterou je označený kontrolní terčík pojistky.

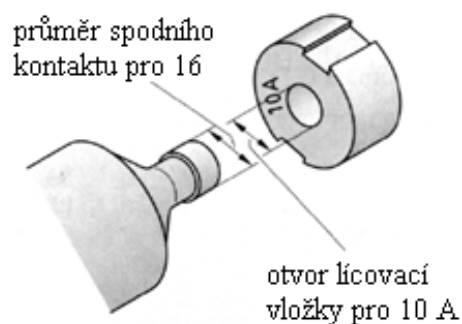


Obr. 16. Konstrukce tavné pojistkové vložky (patrony)

### Barevné značení závitových pojistek:

Toto barevné značení nám usnadňuje a urychluje rozeznávání proudových hodnot při výměně přetavených pojistek. Další označení může být vytištěno na boku pojistkové patrony. Může tam být vyznačen výrobce, jmenovité napětí, jmenovitý proud. Dále tam je vyznačeno, je-li pojistka určena pro jištění motorů. Tyto pojistky mají na boku vytištěno buď písmeno T, symbol šneka, nebo symbol klínu. Pojistkové spodky se vyrábějí se závity o třech velikostech, které se značí E16, E27 a E33 a také jako otřesuvzdorné E27 a E33.

2 – růžová	4 – hnědá	6 – zelená	10 – červená	16 – šedá	20 – modrá
25 – žlutá	35 – černá	50 – bílá	63 – měděná		



Obr. 17. Nezaměnitelnost tavných pojistek

U závitových pojistek se musí přívodní vodič připojovat vždy na vnitřní kontakt pojistkového spodku. Je to nutné z bezpečnostních důvodů. Pokud by byl přívodní vodič připojen na závit, mohl by se pracovník provádějící opravu nechtěně dotknout živé části pod napětím.

### Válcové pojistky

Válcová pojistka je keramická trubička, která má na koncích nalisované kovové kloboučky (kontakty), které jsou navzájem propojeny tenkým tavným drátkem, dimenzovaným na potřebnou proudovou hodnotu. Tato hodnota je vyražena boku kovového kontaktu, spolu s maximálním napětím, na jaké je pojistka konstruována.

Tyto pojistky se vyrábějí v obrovské škále proudových hodnot v řádech od miliampér až po desítky ampér. Válcové pojistky se vkládají do držáků (patic), které se vyrábějí v různých provedeních určených např. k montáži do otvoru v krytu (šroubovací nebo na bajonet).

#### 4.1.6. Klady a zápory pojistek

Tavné pojistky jsou jedním z nejspolehlivějších elektrických přístrojů, které slouží k ochraně proti škodám způsobených v důsledku nadproudů a přetížení. Dokonce i v dnešní době, kdy už existují jističe s vysokou technickou úrovní, jsou pojistky v některých oblastech nenahraditelné.

##### Výhody:

- Vysoká kvalita a spolehlivost funkce zaručované již vlastním jednoduchým a spolehlivým konstrukčním provedením
- Malé vlastní ztráty zabezpečující hospodárný provoz a malé oteplení
- Zaručena vypínací schopnost v celém širokém rozsahu nadproudů od nejmenších až po proudy maximální vypínací schopnosti
- Schopnost omezovat zkratové nadproudy
- Spolehlivá funkce i po letech nečinnosti, velká odolnost před stárnutím
- Velká odolnost před provozními poruchami
- Dobrá stálost ampérsekundových charakteristik i při změnách teploty

Nevýhodou pojistek je nutnost vyměnit každém zapůsobení pojistkovou vložku. Porušenou pojistkovou vložku musíme vyměnit za novou se stejnou nebo podobnou charakteristikou jako měla vložka vyměňovaná.

#### 4.1.7. Normy ČSN týkající se pojistkových vložek a pojistkových přístrojů

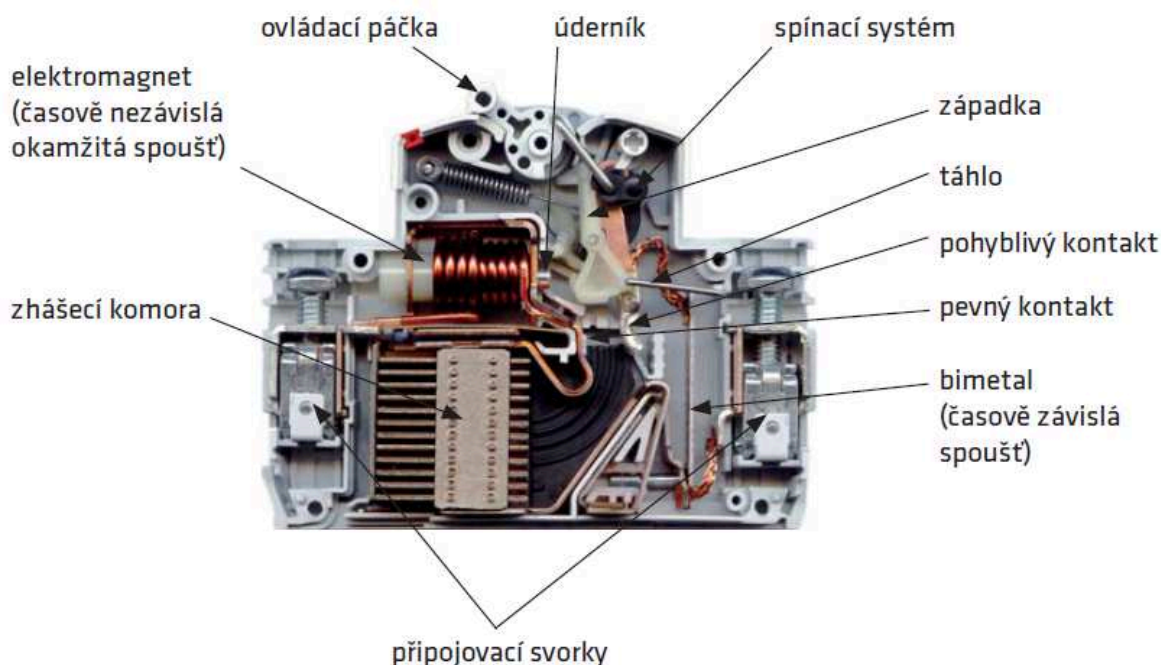
ČSN EN 60269-1	Pojistky nízkého napětí – Část 1: Všeobecné požadavky
ČSN 35 4701-2	Pojistky nízkého napětí – Část 2: Doplnující požadavky pro pojistky určené pro kvalifikovanou obsluhu
ČSN EN 60947-1	Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení
ČSN EN 60947-3	Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí – Část 3: Spínače, odpojovače a pojistkové kombinace

## 4.2. Elektrický jistič

Je to elektrický přístroj, jenž chrání el. Obvody proti nežádoucím účinkům nadproudu, zkratu a podpětí. Byl vyvinut jako náhrada pojistky a v mnoha ohledech ji i nahradil, plní vlastně funkci vypínače a pojistky v jednom. Při menších nadproudech, které jsou vypínány nadproudovou (tepelnou, bimetalovou) spouští, se charakteristika podobá do značné míry charakteristice pojistky. Při větších nadproudech zapůsobí zkratová spoušť. Její zapůsobení je oproti tepelné spoušti okamžité (obvykle v čase 0,2 s, ale z pravidla ještě mnohem dříve). Protože zkratová spoušť působí prakticky okamžitě od určitého nadproudu, který by tepelná spoušť vypnula v čase až několika sekund, vykazuje charakteristika jističe pro tento nadproud zlom. Vypínací charakteristiku jističe jsou znázorněny na obr. 16.

### 4.2.1. Konstrukce jističe

Jistič má dvě stabilní polohy. Zapnuto což je sepnutí kontaktů zajištěno mechanicky tzv. volnoběžkami a zámky a vypnuto, jenž zajišťuje pružina, která se při zapnutí napne. Jističe pro malé jmenovité hodnoty proudu mají zámky jednoduché provedení nejčastěji jako západky nebo prolomené páky. U jističů pro velké jmenovité hodnoty proudu s mohutnými pružinami je to řešeno volnoběžkami, což je v podstatě soustava několika vzájemně propojených jednoduchých zámků.

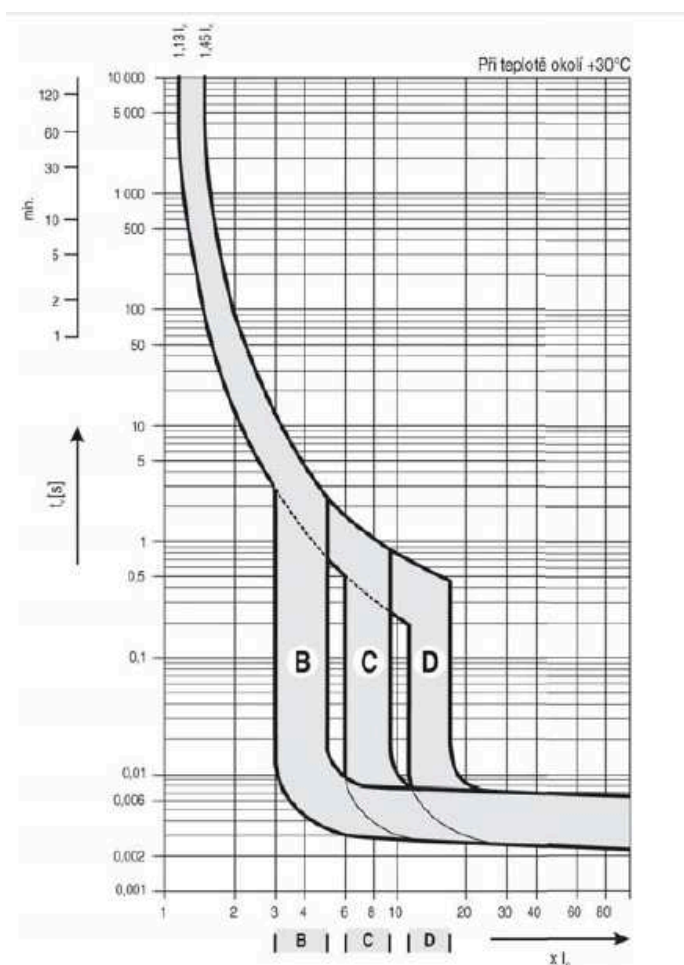


Obr. 18. Konstrukce jističe

Zařízení, které vybavuje zámek, nebo volnoběžku jističe nazýváme spoušť. Jistič je vybaven dvěma druhy spouští nadproudovou spouští, kterou trvale prochází proud jištěného obvodu. Tato spoušť zapůsobí jen tehdy, pokud proud překročí určitou předem nastavenou velikost násobku jmenovité hodnoty proudu. A podpět'ovou spoušť ta odpojí obvod, pokud dojde k snížení napětí pod jmenovitou hodnotu o určitou nastavenou velikost. Toto snížení způsobí zmenšení proudu ve vinutí elektromagnetu a vede k zmenšení jeho tahu. Následující odpadnutí kotvy vyvolá žádaný vypínací impuls.

Podle toho jak je vinutí spouště uspořádáno a připojeno k síti, můžeme spouště rozdělit na primární a sekundární. Primární spouští protéká plný proud jištěného obvodu. Pokud je mechanismus spouště izolačně oddělen, je vinutí spouště napájeno přes transformátor proudu, což je spoušť sekundární.

Jističe nejčastěji obsahují spoušť elektromagnetickou nadproudovou a spoušť tepelnou. Docela často jsou vybaveny i spouští podpět'ovou. Nejdůležitějším kritériem jisticí funkce je doba působení spouští. Ta se počítá od počátku změny kontrolované veličiny až do okamžiku přerušení proudu. Vlastnosti spouští se porovnávají prostřednictvím vypínací charakteristiky viz Obr. 19.



Obr. 19. Vypínací charakteristika jističů LPN, LPE a LST

**Rozdělení jističů:**

- podle zhašení oblouku vzduchové olejové s vyfukovací cívkou
- podle druhu proudu střídavé stejnosměrné
- podle počtu pólů jednopólové trojpólové
- podle zapínání ruční strojní elektromagnetické tlakovzdušné pružinové elektromotorové
- podle vypínací charakteristiky B jističe vedení C jističe pro zařízení způsobující proudové rázy – motory D zařízení s velkými proudovými rázy

### **4.2.2. Klady a zápory jističů**

Hlavní výhodou jističe je to, že při poruše není destruován žádný prvek oproti pojistce a lze ho okamžitě znovu použít k obnovení ochrany prostým zapnutím (tj. natažením jeho vypínacího mechanismu). Další výhodou je možnost využití mechanismu jističe k dalším funkcím, tím že se základní provedení doplní o další přídavné prvky a spouště (podpět'ová spoušť, dálkové ovládání a vypínání). U dražších typů jističů je možné nastavovat jednotlivé tepelné a zkratové spouště, a tím optimálně přizpůsobit celkovou charakteristiku jističe.

Nevýhoda obecně spočívá v tom, že mají menší zkratovou odolnost oproti pojistce a proto vyžadují doplňující předřazenou pojistku.

### **4.2.3. Normy ČSN týkající se jističů**

ČSN EN 60898-1      Elektrická příslušenství – Jističe pro nadproudové jištění domovních a podobných instalací

Část 1: Jističe pro střídavý provoz AC

ČSN EN 60898-2      Elektrická příslušenství – Jističe pro nadproudové jištění domovních a podobných instalací

Část 2: Jističe pro střídavý a stejnosměrný proud

ČSN EN 60947-1      Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí, Část 1: Všeobecná ustanovení

ČSN EN 60947-2      Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí, Část 2: Jističe

## 5. Měření v laboratoři

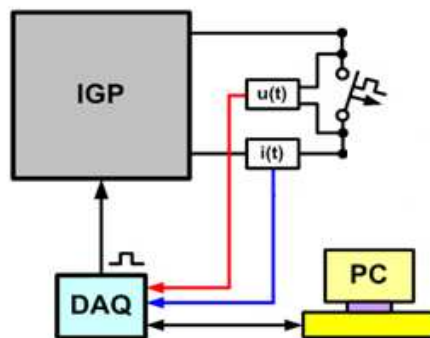
### Laboratorní zdroj

Impulsní zdroj proudu je navržen a sestaven tak, aby dodával zkratový proud o maximální hodnotě přibližně  $I_{kmax} = 1,45\text{kA}$  a frekvenci  $f = 50\text{Hz}$ , teoreticky vypočtená energie dodávaná kondenzátorovou baterií je cca  $W_c = 1,5\text{kJ}$ . Na obr. 20. je vidět realizace impulsního zdroje proudu. IGP, který je ovládán a řízen automaticky pomocí DAQ karty a softwarem LabView.



Obr. 20. Konstrukce impulsního zdroje proudu





Obr. 21. Základní princip měření

Postup měření lze přesněji popsat takto:

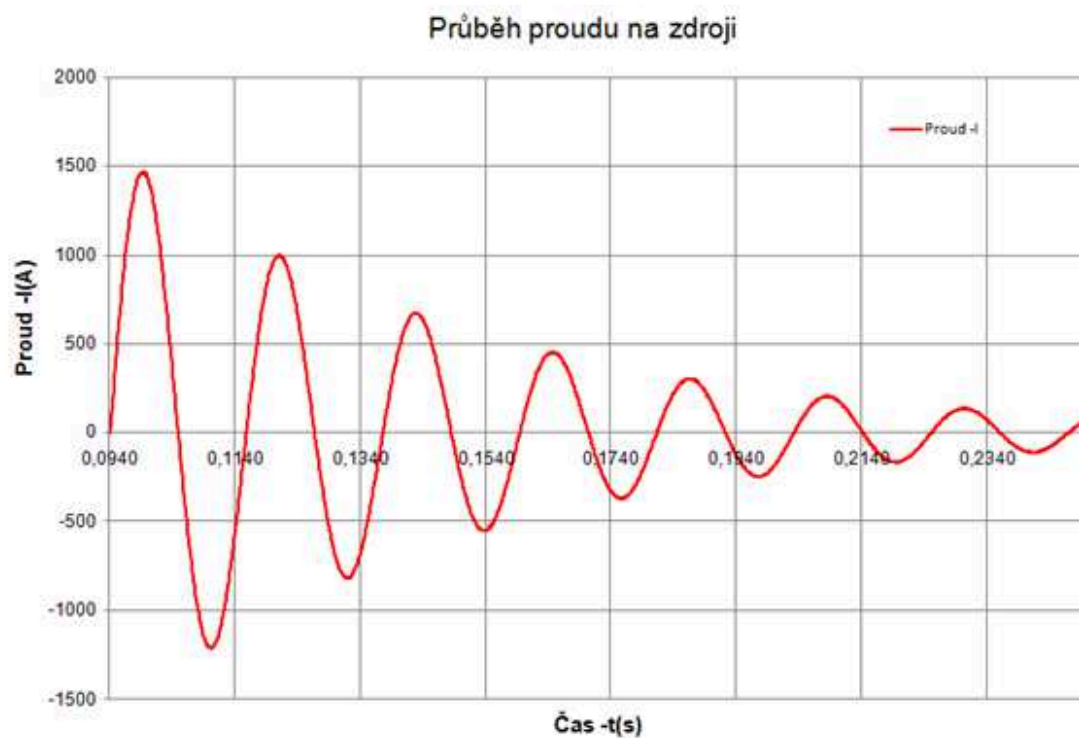
- DAQ karta nejprve pomocí trigovacího pulzu sepne impulsní generátor a běží čas potřebný k nabití kondenzátorových baterií
- Po uběhnutí doby nabíjecího cyklu je na krátkou dobu sepnut výstup generátoru
- V témže okamžiku provede motorický pohon jističe sepnutí
- Po sepnutí jističe vzniká v obvodu zkrat a průběhy proudu a napětí jsou snímány DAQ kartou a zapisovány do PC
- Poté se opakuje měření na ostatních prvcích
- Důležité je že měření probíhalo na pojistkách a jističích za studeného stavu.

Pohled na měřicí pracoviště v laboratoři VŠB a softwarovou aplikaci v LabView je vidět na obr. 22. V grafech je zobrazen: průběh zkratového proudu a průběh úbytku napětí na měřeném jisticím přístroji. Naměřené hodnoty jsou zapisovány do textového datového souboru z důvodu umožnění jejich další podrobnější zpracování a analýz. Jednotlivé data jsem vložil do tabulkového softwaru Microsoft Excel, který mi vykreslil všechny zaznamenané průběhy naměřených veličin.



Obr. 22. Pohled na měřicí pracoviště

Na prvním grafu (Obr. 23.) je zobrazena kalibrace zdroje, abychom zjistili jeho maximální zkratový proud, který je přibližně 1465A.

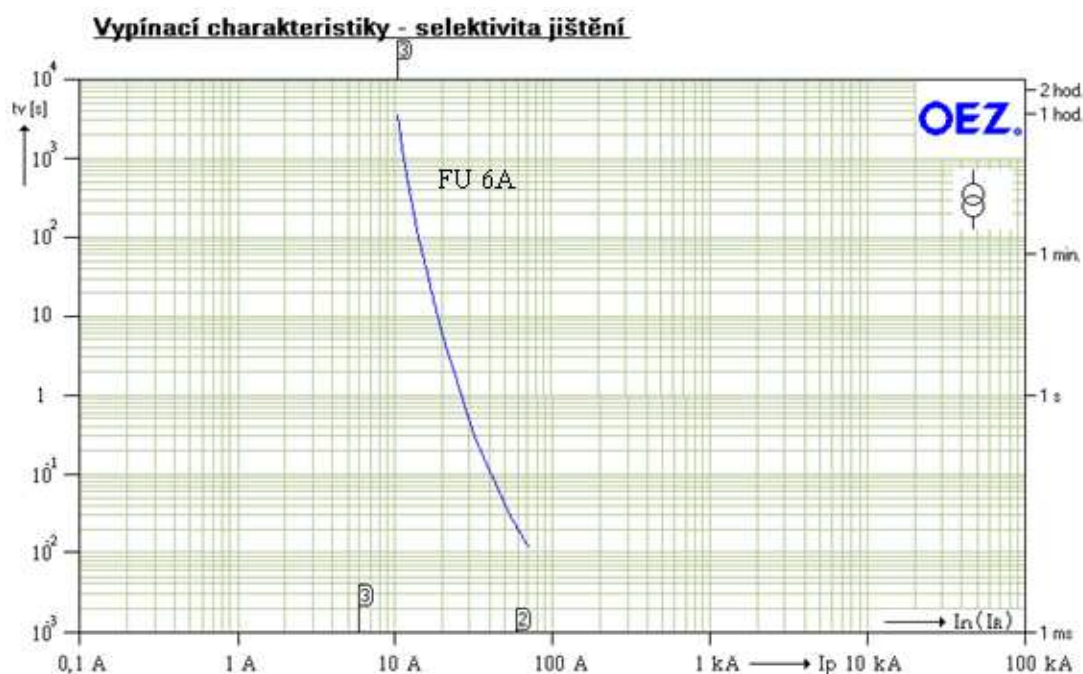


Obr. 23. Graf, průběhu proudu na laboratorním zdroji

Pro další měření jsme zapojili do obvodu pojistku PN000 gG 6A. Výsledný průběh úbytků napětí a zkratového proudu je vidět na Obr. 24. Při vzniku zkratu je proud omezen na hodnotu 375A. Toto omezení zkratového proudu nám ale vyvolá zvýšení úbytku. Uhašení elektrického oblouku trvalo (za 2,2 ms)

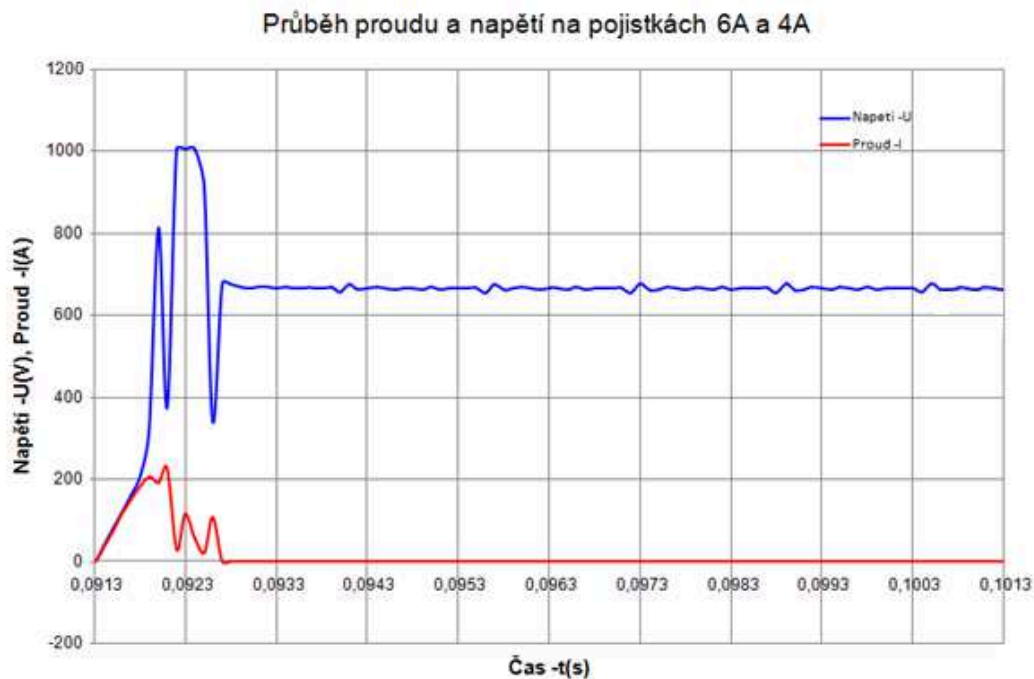


Obr. 24. Graf, průběhu proudu na pojistce 6A

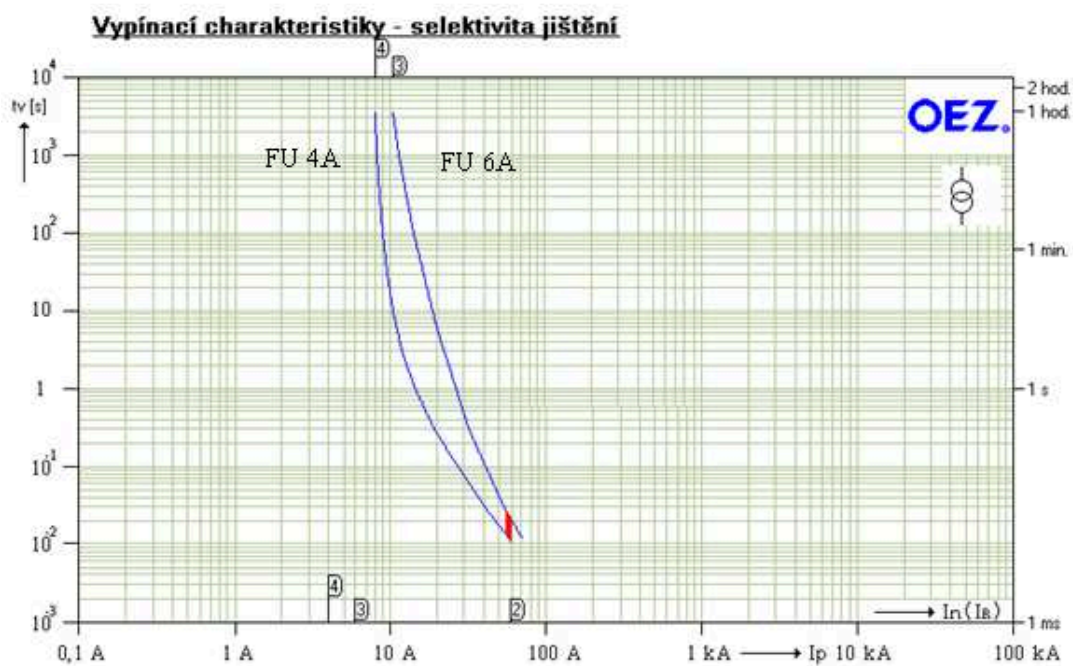


Obr. 25. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 6A v programu SICH

Poté jsme za tuto pojistku přiřadili pojistku PV14 gG s nižší jmenovitou hodnotou proudu 4 A viz Obr. 25. Při takto malém odstupu (1,6) jmenovitých hodnot pojistek, došlo k vybavení obou prvků najednou. Velikost omezeného proudu byla 228 A a opět nám vzrostl úbytek napětí. Jelikož se měří úbytek a obou prvcích dohromady, je tudíž graf takto zdeformován. K uhašení oblouku došlo za 1,4 ms.

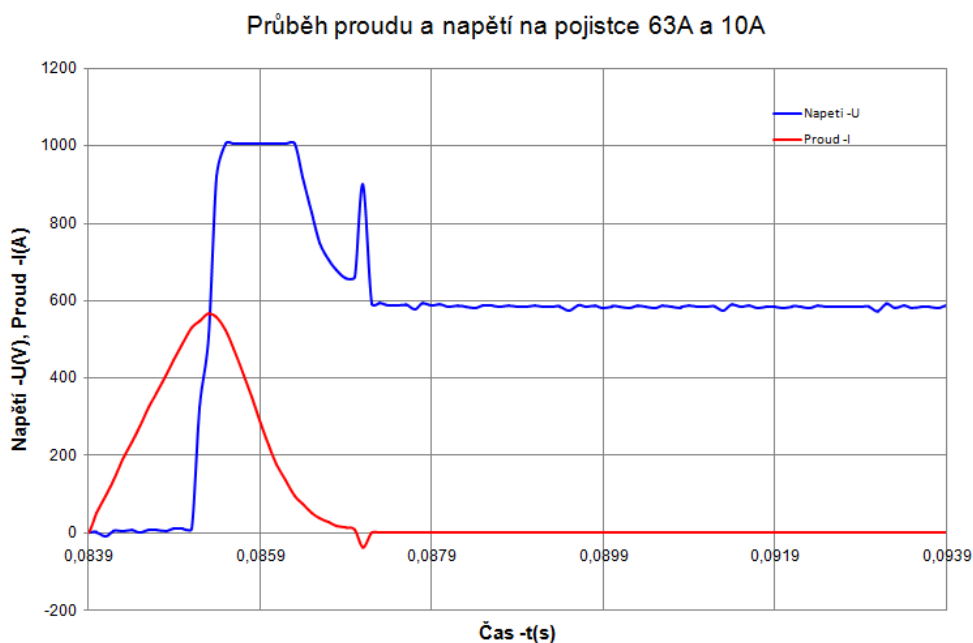


Obr. 26. Graf, průběhu proudu na pojistce 6A a 4A

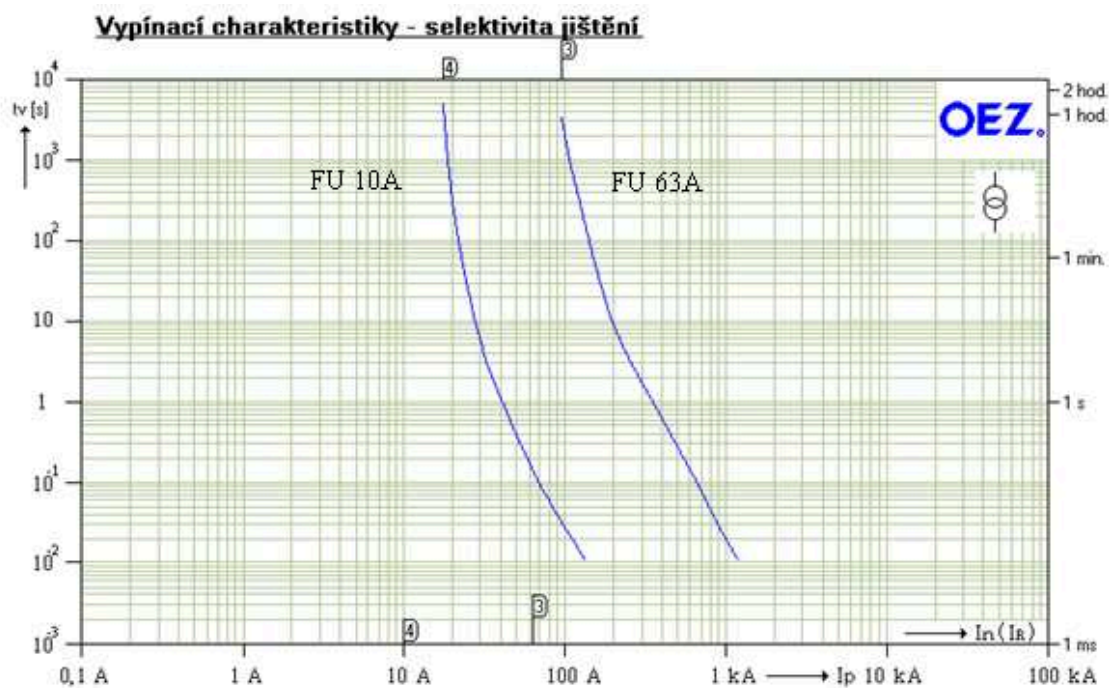


Obr. 27. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 6A a PV14 gG 4A v programu SICHHR

Následující měření probíhalo na tavných pojistkách PN000 gG 63A a PV10 gG 10A. Odstup jmenovitých hodnot tavných pojistek je 6,3 násobek. Při takto velkém odstupu bylo zřejmé, že vybaví pouze pojistka PV10 gG 10 A což se také stalo. Omezený zkratový proud byl 566 A. K uhašení oblouku došlo za 3,1 ms.



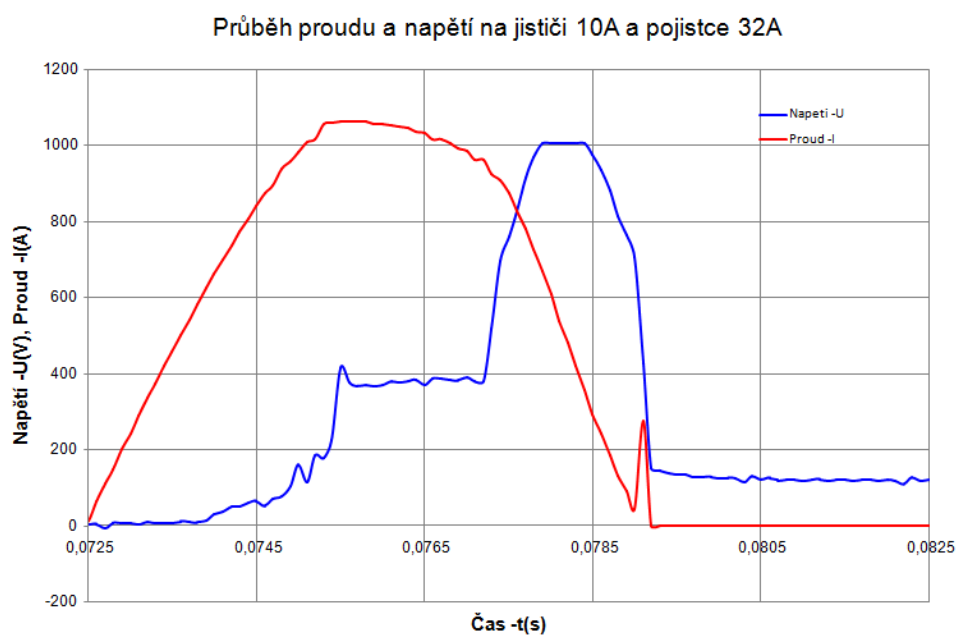
Obr. 28. Graf, průběhu proudu na pojistce 63A a 10A



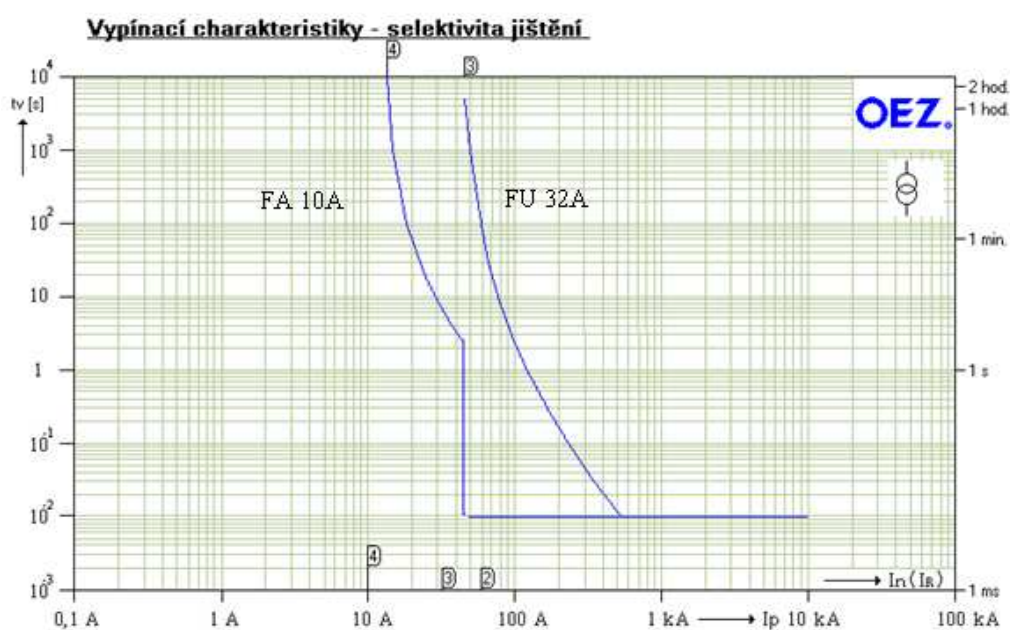
Obr. 29. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 63A a PV10 gG 10A v programu SICHR



Další měření probíhalo na pojistce PV22 gG 32A a jističi LPN B 10A. Odstup mezi jejich jmenovitými hodnotami proudu je 3,2. Na grafu (Obr. 27.) je vidět nárůst zkratového proudu jističem až na hodnotu 1063A. Úbytek napětí v tento okamžik vzrostl přibližně na 370V a na této hodnotě se ustálil do okamžiku zapůsobení pojistky. Kdy energie procházející elektrickým jističem byla natolik velká, že způsobila přetavení tavné pojistky. Poté došlo k omezení zkratové proudu a nárůstu úbytku napětí. Uhašení oblouku trvalo 6,6 ms

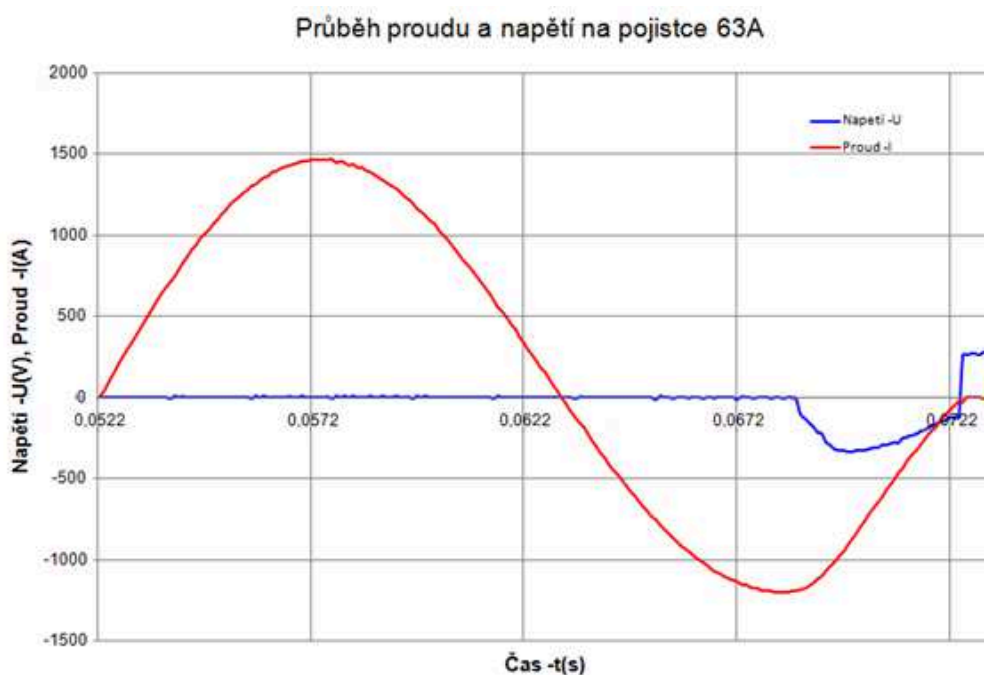


Obr. 30. Graf, průběhu proudu na pojistce 32A a jističi 10A

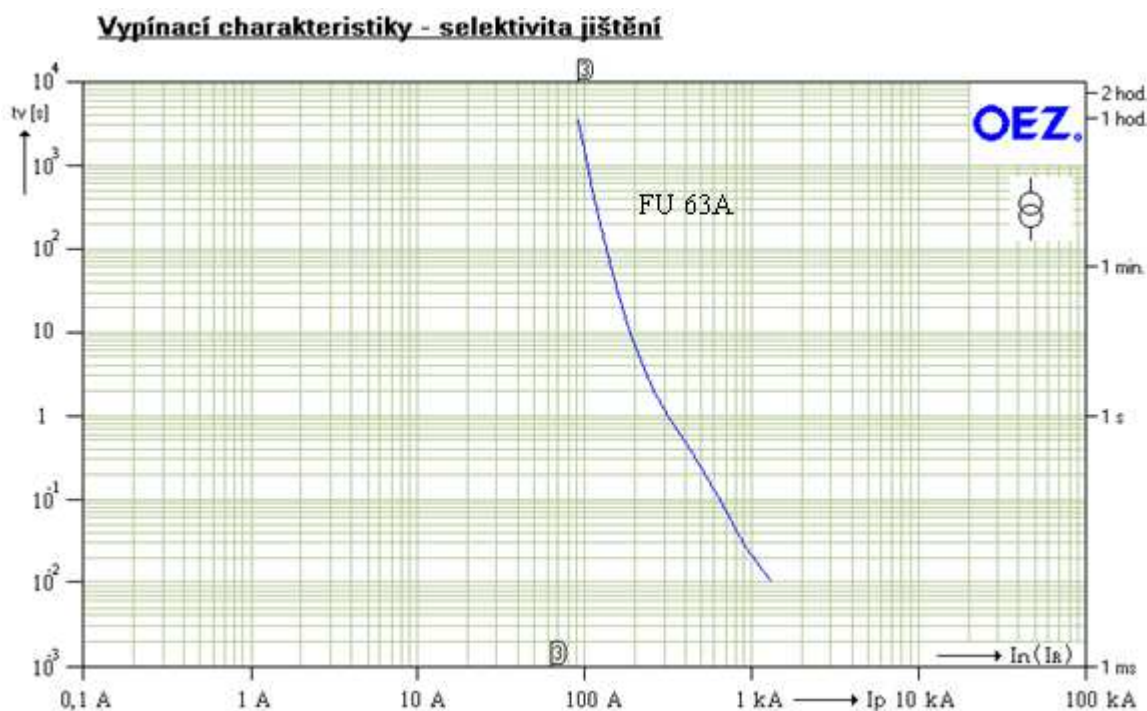


Obr. 31. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 63A a jističe LPN B 10A v programu SICHHR

Poslední měření probíhalo na pojistce PN000 gG 63A. Tato pojistka měla podle Programu SICHR měl vypnout zkratový proud do 11ms. Jak je, ale vidět na Obr. 28. Doba vypnutí byla 20,2 ms. Důvod proč tato pojistka nevybavila podle tabulek je, že měření probíhalo na pojistce za studena.



Obr. 32. Graf, průběhu proudu na pojistce



Obr. 33. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 63A v programu SICHR

## 6. Závěr

Cílem této bakalářské práce byla snaha přiblížit problematiku jištění. Zejména selektivitu jistících prvků, která je v dnešní době čím dál víc využívána a je na ni kladen velký důraz ve všech oblastech od průmyslových podniků až po rodinné domy. Je zde také nastíněn princip funkce selektivity její druhy a využití.

Dále pak jsem se zaměřil na selektivitu dvou nejčastěji používaných jistících prvků v rozvodech nn, a to tavnou pojistku, která je v dnešní době stále nenahraditelná a elektrický jistič. Část bakalářské práce se snaží právě přiblížit princip funkce těchto jistících prvků, jejich vlastnosti, výhody a nevýhody.

Součástí bylo měření, kterým jsem ověřoval právě koordinaci jistících prvků mezi sebou a snažil jsem se přiblížit jejich katalogovým hodnotám. Musím ale brát v úvahu, že měření je prováděno na jistících prvcích tzv. „za studena.“ To znamená, že měřilo na jistících prvcích, které nebyly zahřány průchodem proudu na provozní teplotu. Dále musíme brát ohled na laboratorní zdroj, který má omezený maximální zkratový proud.

Při měření tavných pojistek je vidět jejich nejdůležitější vlastnost a to omezení zkratového proudu a jejich velmi dobrou vzájemnou selektivitu při dodržení dostatečného odstupu jejich jmenovitých hodnot. Právě při nedodržení odstupu (viz měření mezi pojistkou PN000 gG 6A a PV14 gG 4A) není selektivita zajištěna a tudíž vybaví obě pojistky najednou.

Při měření tavné pojistky PN000 gG 63A došlo k vybavení až ve druhé periodě tedy až za 20,2ms. Tato chyba se stala právě z důvodu měření na pojistce, která nebyla zahřáta průchodem proudu na provozní teplotu.

Poté jsem za předřazenou pojistku PN000 gG 63A přiřadil jistič LPN B 10A. Odstup jejich jmenovitých hodnot je 3,2. I při tomto dostatečným odstupu nám vybavili oba prvky najednou z důvodu, že energie propuštěná elektrickým jističem je dostatečně velká na to, aby byla schopna přetavit ještě tavný vodič. Naměřené hodnoty se většinou shodovaly s charakteristikami výrobce.



## 7. Použitá literatura

- [1] KŘÍŽ, M. Dimenzování a jistění elektrických zařízení, IN-EL, Praha, 2011
  - [2] OEZ Příručka elektrikáře
  - [3] KŘÍŽ, M. Dimenzování a jistění elektrických zařízení, IN-EL, Praha, 2011
  - [4] OEZ, Příručka elektrotechnika, Jistící přístroje II, 2012
  - [5] HAVELKA, Otto. Elektrické přístroje, Praha, 1985, SNTL
- OEZ – Příručka elektrotechnika, Jistící přístroje I, 2011
- ELEKTRO – číslo 7 – odborný časopis, 2007
- SICHR, výpočtový program, verze 13 , [www.oez.cz](http://www.oez.cz)
- Technické normy

## **8. Seznam příloh**

- Příloha č. 1. – Parametry jističů LPN do 63A
- Příloha č. 2. – Selektivita jističů LPN B s předřazenými pojistkami
- Příloha č. 3. – Charakteristika  $I^2t$  jističe
- Příloha č. 4. – Parametry pojistek PVA a PV
- Příloha č. 5. – Tavná ampérsekundová charakteristika PV10 gG
- Příloha č. 6. – Charakteristika  $I^2t$  pojistky PV10 gG
- Příloha č. 7. – Omezovací charakteristika PV10 gG

## 9. Seznam Obrázků

- Obr. 1. Zapojení části elektrického obvodu
- Obr. 2. Přiřazení jistících prvků při dodržení selektivity jističení
- Obr. 3. Charakteristika jističů selektivní i při zkratovém proudu (zpoždění zkratové spouště)
- Obr. 4. Příklad přiřazených jistících prvků
- Obr. 5. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazené pojistky F1a přiřazené pojistky F2
- Obr. 6. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazeného jističe Q1a přiřazeného jističe Q2
- Obr. 7. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazeného jističe Q1a přiřazené pojistky F2
- Obr. 8. Proudová selektivita – vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazené pojistky F1a přiřazeného jističe Q2
- Obr. 9. Časová selektivita – Vzájemná poloha vypínacích charakteristik předřazeného jističe Q1 (nastaveno časové zpoždění) a přiřazeného jističe Q2 (bez časového zpoždění)
- Obr. 10. Tavná ampérsekundová charakteristika pojistky Pv 10 gG
- Obr. 11. Omezení proudu pojistkovou vložkou
- Obr. 12. Omezovací charakteristiky pojistkových vložek PN000 ÷ 4a gG
- Obr. 13. Charakteristika  $I^2t$  pojistkových vložek PN000 ÷ 4a gG
- Obr. 14. Konstrukce nožové pojistky
- Obr. 15. Konstrukce šroubovací pojistky
- Obr. 16. Konstrukce tavné pojistkové vložky (patrony)
- Obr. 17. Nezaměnitelnost tavných pojistek
- Obr. 18. Konstrukce jističe
- Obr. 19. Vypínací charakteristika jističů LPN, LPE a LST
- Obr. 20. Konstrukce impulsního zdroje proudu
- Obr. 21. Základní princip měření
- Obr. 22. Pohled na měřicí pracoviště
- Obr. 23. Graf, průběhu proudu na laboratorním zdroji
- Obr. 24. Graf, průběhu proudu na pojistce 6A
- Obr. 25. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 6A v programu SICHR
- Obr. 26. Graf, průběhu proudu na pojistce 6A a 4A
- Obr. 27. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 6A a PV14 gG 4A v programu SICHR
- Obr. 28. Graf, průběhu proudu na pojistce 63A a 10A
- Obr. 29. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 63A a PV10 gG 10A v programu SICHR
- Obr. 30. Graf, průběhu proudu na pojistce 32A a jističi 10A

Obr. 31. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 63A a jističe LPN B 10A v programu SICHR

Obr. 32. Graf, průběhu proudu na pojistce

Obr. 33. Vypínací charakteristika pojistky PN000 gG 63A v programu SICHR